

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ

УДК 621.9

Ю.Г. ГУЦАЛЕНКО, Харків, Україна

ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ФИНИШНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДОВ ОПЕРАЦИЙ АЛМАЗНО- ИСКРОВОГО ШЛИФОВАНИЯ

Представлена розробка геометричної моделі формування шорсткості поверхні в присутності ерозійних мікроруйнувань оброблюваної поверхні під дією електричних розрядів в умовах алмазно-іскрового шліфування. Показані можливості використання ерозійних ефектів видалення мікрооб'ємів матеріалу з оброблюваної поверхні в згладжуванні її мікрорельєфу. Виділено та описано дві групи структур циклу операції з багатопрохідною або врізаною обробкою алмазно-абразивним інструментом і з алмазно-іскровим шліфуванням в циклі.

Ключові слова: алмазно-іскрове шліфування, електричний розряд, ерозійні мікроруйнування, згладжування мікрорельєфу, шорсткість поверхні.

Представлена разработка геометрической модели формирования шероховатости поверхности в присутствии эрозийных микроразрушений обрабатываемой поверхности под действием электрических разрядов в условиях алмазно-искрового шлифования. Показаны возможности использования эрозийных эффектов удаления микрообъемов материала с обрабатываемой поверхности в сглаживании ее микрорельефа. Выделены и описаны две группы структур цикла операции с многопроходной или врезной обработкой алмазно-абразивным инструментом и с алмазно-искровым шлифованием в цикле.

Ключевые слова: алмазно-искровое шлифование, электрический разряд, эрозийные микроразрушения, сглаживание микрорельефа, шероховатость поверхности.

It is presented the development of the geometric model of the formation of surface roughness in the presence of erosive microfracture treated surface under the action of electrical discharges in terms of a diamond-spark grinding. The possibilities of using the erosive effects of microvolume material removing from the treated surface in its microrelief smoothing are shown. Two groups of operation cycle structures with multi-pass or infeed machining with a diamond-abrasive tool and with diamond-spark grinding in a cycle are identified and described.

Key words: diamond-spark grinding, electric discharge, erosion micro-destruction, smoothing of the microrelief, surface roughness.

Введение. Алмазно-искровое шлифование (АИШ) сопровождается эрозированием обработанной поверхности, выступающей катодом в ее электрическом взаимодействии с металлофазами режущего инструмента [1]. Следы импульсных электрических разрядов вытягиваются на ней вдоль вектора скорости резания с образованием микролунок [2]. Обобщение данных микроскопических исследований и изучение информации об объемно-габаритных размерах этих лунок [2] позволяет моделировать их вытянутыми полуэллипсоидами вращения [3], геометрия которых определяется электроэрозионной стойкостью обрабатываемого материала [1], кинематико-геометрическими и электрическими режимами АИШ [4] (рис. 1, а).

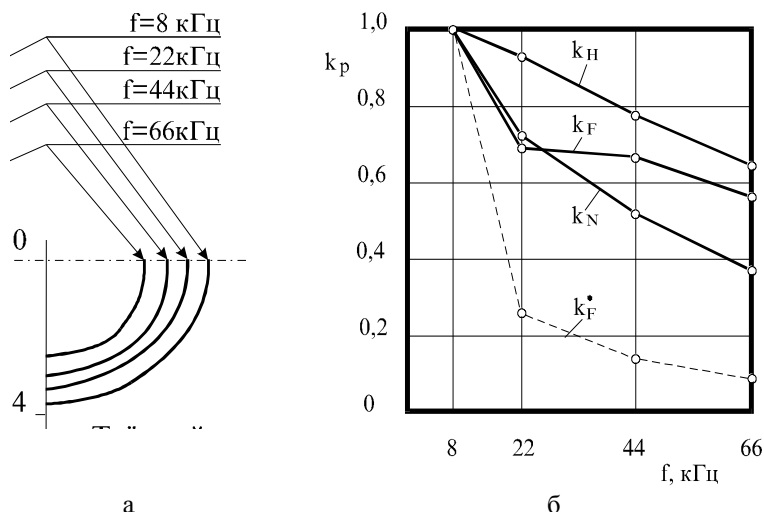


Рисунок 1 – Поперечное сечение, мкм (а) и относительное изменение k_p глубины H ($k_p = k_H$), площади F ($k_p = k_F$) и количества N ($k_p = k_N$) эрозионных лунок в эллипсоидной модели на поверхности твердого сплава марки ВК8 в зависимости от частоты f следования электрических импульсов АИШ; кривая $k_F^* - k_F$ для анодного контртела электрического контакта в виде шлифовального круга со связкой из медно-оловянистого сплава марки М2-01

Опыт АИШ обычно свидетельствует о некотором повышении шероховатости обработанной поверхности по сравнению с обычной алмазной обработкой [2].

Это связывается с присущей АИШ возможностью поддержания значительно более стабильной высоты режущего рельефа при существенном уменьшении удельной работы связки в процессе шлифования за счет ее принудительного удаления анодным эрозированием с образованием микролунок под действием электрических разрядов (рис. 1, б; кривая k_F^*).

Обычной практикой достижения в цикле финишной электроэрозионной алмазно-абразивной обработки шероховатости обработанной поверхности, соответствующей обработке без тока и пониженной по сравнению с АИШ на заданную глубину шлифования, является включение в цикл завершающей операции бестокового выходаживания [2].

В идентичных режимных условиях обычного алмазного шлифования, в отсутствие электроэрозионного разрушения стружек в процессе их отделения от шлифуемой поверхности и после него, в случае развитого режущего рельефа (после правки), межзеренное пространство является своего рода галтовочной миникамерой, в которой роль шлифовально-полировального инструмента, непрерывно частично удаляемого и возобновляемого, играют

сколы сверхтвердого абразива и, главным образом, заторможенные стружки и продукты их диспергирования. Рабочей зоне АИШ эти явления также присущи, но в гораздо меньшей степени, что и проявляется, как правило, менее сглаженным микрорельефом обработанной поверхности. Однако эрозионные образования (лунки) на поверхности детали после АИШ изменяют общую картину и показатели шероховатости по сравнению с обычным шлифованием в общем случае неоднозначно. При относительно малых эрозионных нарушениях поверхности (по глубине вторжения в микрорельеф сопоставимых по высоте с его высотой) шероховатость обработанной поверхности может заметно снижаться; при этом наблюдается эффект эрозионного сглаживания рельефа.

Геометрическая модель и ее обсуждение. В работе [5] рассмотрен механизм сглаживания шероховатости обработанной АИШ поверхности по сравнению с ведением рабочего процесса алмазным шлифовальным кругом с идентично развитым рельефом, специально сформированным предварительно или автономной правкой в цикле шлифования. Графическая интерпретации некоторого момента реализации механизма [5], заключающегося в объединении объемной выборки припуска механическим резанием и электрической эрозией, и причем с превышением уровнем глубины эрозионных лунок уровня впадин следов механического резания (рис. 2), дает представление о безусловной возможности такого сглаживания.

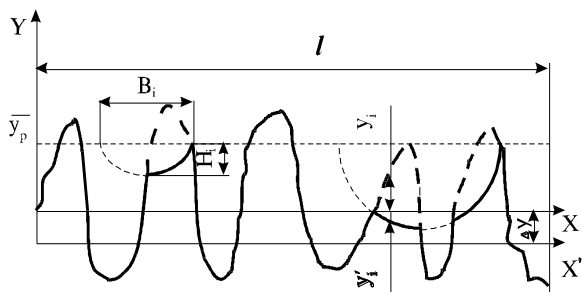


Рисунок 2 – Формирование эрозионно сглаженной шероховатости обработанной поверхности при АИШ с понижением Δy средней линии профиля поверхности от уровня X к уровню X' в результате электроразрядных воздействий со следами глубиной H_i

Рассматриваемая геометрическая модель (рис. 2) опирается на физическое ожидание того, что эрозионные следы движущихся пятен каналов разрядов (электрических контактов) занимают энергетически наиболее выгодные положения, с возможно минимальным зазором (сопротивлением в контакте), и потому, во-первых, минимально пересекаются (каждая

последующая лунка формируется вероятнее вне уже состоявшихся) и, во-вторых, эрозия начинается с наибольших выступов профиля [6].

Существенные возможности понижения H предоставляет реализация кинематико-геометрической схемы АИШ с повышенной скоростью перемещения обрабатываемой поверхности относительно инструментальной, когда энергия электрических разрядов реализуется с удлинёнными и потому менее глубокими эрозионными следами. Характерным примером в этом направлении является технологическая практика внутришлифовального станка-полуавтомата модели 3М227ВРФ2 (3М227ВЭРФ2) с конструктивно обеспечиваемой частотой вращения изделия до 1200 об/мин. [2].

В тематически наиболее близких к данной предшествующих работах автора ([5-7]) техническая идеология формирования эрозионно сглаженной шероховатости обработанной поверхности при АИШ с понижением средней линии профиля поверхности в результате электроразрядных воздействий на нее связывается с выполнением операции бестокового выхаживания.

Настоящей работой преследуется цель обратить внимание исследователей и практиков прогрессивного технологического метода АИШ на целесообразность рассмотрения при проектировании и подготовке процессов с его использованием присущих ему возможностей получения сглаженной шероховатости обработанной поверхности без включения заключительным технологическим переходом бестокового выхаживания.

Разработка метода АИШ изначально была обращена на повышение производительности алмазно-абразивного формообразования изделий из труднообрабатываемых токопроводных материалов, в особенности твердосплавных [8]. Более чем сорокалетний опыт развития и практики донныне непревзойденного метода высокопроизводительной алмазно-абразивной обработки таких материалов неизменно свидетельствует о его конкурентноспособности на мировом рынке техники и технологий механообработки.

Несмотря на то, что предпочтительность АИШ как метода механического процессирования наивысша именно в отношении труднообрабатываемых материалов, как правило отличающихся присутствием в их составе металлов повышенной электроэрозионной стойкости, характерным примером чего являются твердые сплавы, результаты анализа исследовательского опыта (рис. 1 а) указывают на прагматичность предлагаемого альтернативного подхода к организации и проведению финишных технологических операций АИШ со сглаживанием шероховатости обработанной поверхности без выхаживания. С его практической реализацией связывается, во-первых, сокращение времени операционного цикла АИШ до достижения заданной шероховатости, и, во-вторых, минимизация потерь развитости режущего рельефа шлифовальных

кругов по сравнению с конвенциональными подходами к организации рабочих циклов АИШ.

Выводы и заключение. В более широком рассмотрении [7], в том числе без прибегания к выхаживанию, в контексте вышеизложенного и ранее опубликованного [9, 10], по отношению к использованию электроэрозионного сглаживания микрогеометрии обработанной поверхности структуры цикла операции с многопроходной или врезной обработкой алмазно-абразивным инструментом и с АИШ в цикле можно подразделить на две группы, а именно без такового использования (*первая*) и с ним (*вторая*).

Первая. Метод АИШ использовать в первой части цикла адекватно потребности в реновации режущего рельефа, затем выключать подачу в зону резания возбуждающей разряды электрической энергии и работать притупляемым кругом, при необходимости обеспечивая заданный уровень шероховатости обработанной поверхности путем перехода в цикле на пониженную глубину резания (скорость врезания) и (или) выхаживание без поперечной подачи.

Вторая. Метод АИШ использовать в первой части цикла адекватно потребности в реновации режущего рельефа, затем понижать мощность электрических импульсов подводимой в зону резания дополнительной энергии до формирования электроразрядных лунок глубиной не выше R_a .

В результате построения операционного цикла алмазно-абразивной обработки по предложенным выше структурным схемам возможно не только достигнуть необходимой шероховатости обработанной поверхности, обеспечиваемой алмазным кругом той же зерновой характеристики по марке, зернистости, концентрации (известный подход, первая группа структур), но и получить, по сравнению с известными схемами структуризаций операционного цикла, выигрыш во времени в решении этой задачи или добиться более сглаженного рельефа (вторая группа структур).

Список использованных источников: 1. Фукс, М.Я. Состояние поверхностного слоя материалов после алмазной и эльборової обработки / М.Я. Фукс, Н.К. Беззубенко, Б.М. Свердлова. – Киев : Вища шк. – 1979. – 160 с. 2. Кобзарь, Л.Е. Прогрессивное алмазно-искровое шлифование / Л.Е. Кобзарь, В.А. Фадеев, Н.К. Беззубенко. – Харьков : ХГПУ, ХНПО «ФЭД». – 1995. – 152 с. 3. Гуцаленко, Ю.Г. Влияние микроэрозионных явлений на шероховатость поверхности / Ю.Г. Гуцаленко // Вестн. Харьк. гос. политехн. ун-та. – 1999. – Вып. 65. – С. 145-152. 4. Гуцаленко, Ю.Г. Расчет электроэрозии при алмазно-искровом шлифовании по данным микроскопической визуализации / Ю.Г. Гуцаленко // Вестн. Харьк. гос. политехн. ун-та. – 1999. – Вып. 66. – С. 54-58. 5. Гуцаленко, Ю.Г. Модель сглаживания шероховатости поверхности при алмазно-искровом шлифовании / Ю.Г. Гуцаленко // Современные инновации в науке и технике : Сб. науч. тр. 4-ой междунар. науч.-практ. конф. 17 апр. 2014 г. Курск : Юго-Зап. гос. ун-т. – Т. 1. – С. 325-328. 6. Гуцаленко, Ю.Г. Физико-технологические предпосылки разработки процессно-ориентированной интегрированной системы управления микрогеометрическим качеством алмазно-искрового шлифования / Ю.Г. Гуцаленко // Качество, стандартизация, контроль : теория и практика. Киев : АТМ Украины. – 2015. – С. 29-31. 7. Гуцаленко, Ю.Г. Особенности и возможности формирования микрогеометрии обработанной поверхности алмазно-искровым шлифованием / Ю.Г. Гуцаленко // Високі технології в машинобудуванні. – 2015. – Вип. 1 (25). –

С. 50-58. **8.** Гуцаленко, Ю.Г. Исторический опыт и современные перспективы алмазно-искрового шлифования / Ю.Г. Гуцаленко // Техника и технологии : пути инновационного развития : Сб. науч. тр. 4-ой междунар. науч.-практ. конф. 30 июня 2014 г., посвящ. 50-летию Юго-Зап. гос. ун-та. – Курск : Юго-Зап. гос. ун-т, 2014. – С. 264-270. **9.** Гуцаленко, Ю.Г. Формирование сглаженной шероховатости обработанной поверхности при алмазно-искровом шлифовании / Ю.Г. Гуцаленко // Современная наука : проблемы, инновации, решения – III : Материалы междунар. науч.-практ. конф. (Курск, 10-11 дек. 2015 г.) / Курск. ин-т социал. образования (филиал) РГСУ. – Курск : ООО «Учитель», 2015. – С. 212-216. **10.** Гуцаленко, Ю.Г. Специфические особенности и возможности алмазно-искрового шлифования в микрогеометрической инженерии поверхности / Ю.Г. Гуцаленко, А.А. Аракелян // Физические и компьютерные технологии : Тр. 21-й междунар. науч.-практ. конф. 24-25 дек. 2015 г., г. Харьков. – Днепропетровск : Изд-во «Лира», 2015. – С. 25-29.

Bibliography (transliterated): **1.** Fuks, M.Ja., N.K. Bezzubenko, B.M. Sverdllova. *Sostojanie poverhnostnogo sloja materialov posle almaznoj i jel'borovoj obrabotki*. Kiev: Vishha shk., 1979. Print. **2.** Kobzar', L.E., V.A. Fadeev and N.K. Bezzubenko. *Progressivnoe almazno-iskrovoe shlifovanie*. Kharkov: Kharkov State Polytech.Univ., Kharkov R&D Prod. Assoc. FED, 1995. Print. **3.** Gutsalenko, Yu.G. "Vlijanie mikrojerostionnyh yavlelij na sherohovatost' poverhnosti." *Vestn. Kharkov State Polytech.Univ.* 1999. Iss. 65: 145-152. Print. **4.** Gutsalenko, Yu.G. "Raschet jelektrojerostii pri almazno-iskrovom shlifovanii po dannym mikroskopicheskoj vizualizacii." *Vestn. Kharkov State Polytech.Univ.* 1999. Iss. 66: 54-58. Print. **5.** Gutsalenko, Yu.G. "Model' sglažhivaniya sherohovatosti poverhnosti pri almazno-iskrovom shlifovanii." *Sovremennye innovacii v nauke i tehnike. Sb. nauch. tr. 4th mezhdunar. nauch.-tehn. konf. 17th Apr. 2014.* Kursk: Southwest State Univ., 2014. Vol. 1: 325-328. Print. **6.** Gutsalenko, Ju.G. "Fiziko-tehnologicheskie predposylki razrabotki processno-orientirovannoj integrirovannoj sistemy upravlenija mikrogeometricheskim kachestvom almazno-iskrovogo shlifovanija". *Kachestvo, standartizacija, kontrol': teorija i praktika*. Kiev: ATM Ukraine, 2015. 29-31. Print. **7.** Gutsalenko, Ju.G. "Osobennosti i vozmožnosti formirovanija mikrogeometrii obrabotannoj poverhnosti almazno-iskrovym shlifovanijem". *Visoki tehnologii v mashinobuduvanni*. 2015. Iss. 1 (25): 50-58. Print. **8.** Gutsalenko, Ju.G. "Istoricheskiy opyt i sovremennye perspektivy almazno-iskrovogo shlifovanija". *Tehnika i tehnologii: puti innovacionnogo razvitiya: Sb. nauch. tr. 4-oj mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 30 ijunja 2014 g., posvjashh. 50-letiju Jugo-Zap. gos. un-ta.* Kursk: Jugo-Zap. gos. un-t, 2014. 264-270. Print. **9.** Gutsalenko, Ju.G. "Formirovanie sglažhennoj sherohovatosti obrabotannoj poverhnosti pri almazno-iskrovom shlifovanii" *Covremennaja nauka : problemy, innovacii, reshenija – III: Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Kursk, 10-11 dek. 2015 g.).* Kursk. in-t social. obrazovanija (filial) RGSU. Kursk: ООО Uchitel', 2015. 212-216. Print. **10.** Gutsalenko, Ju.G., A.A. Arakeljan. "Specificheskie osobennosti i vozmožnosti almazno-iskrovogo shlifovanija v mikrogeometricheskoj inženerii poverhnosti". *Fizicheskie i komp'juternye tehnologii: Tr. 21-j mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 24-25 dek. 2015 g., g. Khar'kov.* Dnepropetrovsk: Izd-vo Lira, 2015. 25-29. Print.